

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-180207

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

G01D 5/245
G01R 33/09

(21)Application number : 10-358089

(71)Applicant : YAZAKI CORP

(22)Date of filing : 16.12.1998

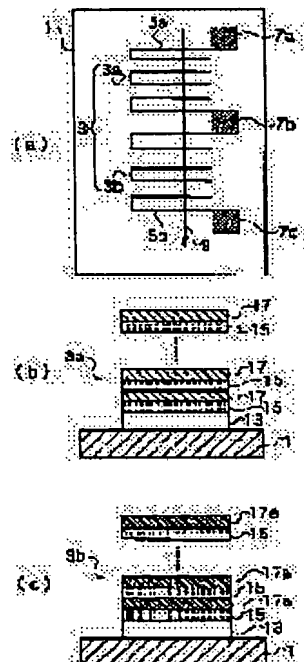
(72)Inventor : TAKADA HAJIME

(54) MAGNETISM SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetism sensor capable of taking out a differential output by a simple arrangement by generating a difference in resistance value from a signal magnetic field without applying a bias magnetic field.

SOLUTION: This magnetism sensor includes a substrate 1 and a giant magnetic resistance element 3 formed on the substrate 1, the resistance value of which element varies with a signal magnetic field 9 applied generally parallel to the surface of the substrate 1. The giant magnetic resistance element 3 includes a first giant magnetic resistance element 3a whose resistance value varies with the signal magnetic field 9 applied to an artificial lattice film comprising magnetic layers 15 and non-magnetic layers 17 stacked alternately, and a second giant magnetic resistance element 3b connected in series with the first giant magnetic resistance element 3a, the resistance value of the element 3b not varying with the signal magnetic field 9 applied to an artificial lattice film where magnetic layers 15 and non-magnetic layers 17a differing in thickness from the non-magnetic layers 17 are stacked alternately.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-180207

(P2000-180207A)

(43)公開日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターマコード(参考)

G 0 1 D 5/245

G 0 1 D 5/245

R 2 F 0 7 7

U 2 G 0 1 7

G 0 1 R 33/09

G 0 1 R 33/06

R

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-358089

(22)出願日 平成10年12月16日(1998.12.16)

(71)出願人 000006895

矢崎産業株式会社

東京都港区三田1丁目4番28号

(72)発明者 高田 肇

静岡県裾野市御宿1500 矢崎産業株式会社
内

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外8名)

Fターム(参考) 2F077 AA43 PP15 TT16

2G017 AA01 AB05 AC09 AD55 AD63

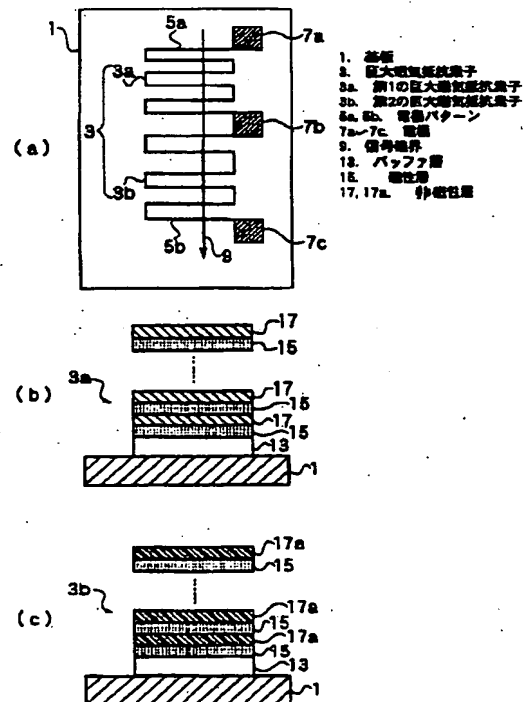
AD65 BA09 BA10

(54)【発明の名称】 磁気センサ

(57)【要約】

【課題】 バイアス磁界を印加することなく、信号磁界に対して抵抗値差を生じさせ、簡単な構成で差動出力を取り出すことができる磁気センサを提供する。

【解決手段】 磁気センサは、基板1と、基板1に形成され、基板1の表面に略平行に印加される信号磁界9に対して抵抗値が変化する巨大磁気抵抗素子3とを備える。巨大磁気抵抗素子3は、磁性層15と非磁性層17とが交互に積層された人工格子膜に印加される信号磁界9の変化に対して抵抗値が変化する第1の巨大磁気抵抗素子3aと、第1の巨大磁気抵抗素子3aに直列接続され、磁性層15と非磁性層17の厚みに対して異なる厚みの非磁性層17aとが交互に積層された人工格子膜に印加される信号磁界9の変化に対して抵抗値が変化する第2の巨大磁気抵抗素子3bとを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、この基板に形成され、前記基板の表面に略平行に印加される信号磁界に対して抵抗値が変化する磁気抵抗手段とを備え、

前記磁気抵抗手段は、磁性層と第1の非磁性層とが交互に積層された第1の人工格子膜を有し、第1の人工格子膜に印加される前記信号磁界の変化に対して抵抗値が変化する第1の磁気抵抗素子と、

この第1の磁気抵抗素子に直列接続され、前記磁性層と前記第1の非磁性層の厚みに対して異なる厚みの第2の非磁性層とが交互に積層された第2の人工格子膜を有し、第2の人工格子膜に印加される前記信号磁界の変化に対して抵抗値が変化しない第2の磁気抵抗素子と、を備えることを特徴とする磁気センサ。

【請求項2】 前記磁気抵抗手段は、前記第2の人工格子膜を有し、第2の人工格子膜に印加される前記信号磁界の変化に対して抵抗値が変化しない第3の磁気抵抗素子と、

この第3の磁気抵抗素子に直列接続され、前記第1の人工格子膜を有し、第1の人工格子膜に印加される前記信号磁界の変化に対して抵抗値が変化する第4の磁気抵抗素子とを備え、

前記第1の磁気抵抗素子の一端と前記第3の磁気抵抗素子の一端とを接続し、前記第2の磁気抵抗素子の一端と前記第4の磁気抵抗素子の一端とを接続してフルブリッジ構成としたことを特徴とする請求項1記載の磁気センサ。

【請求項3】 前記信号磁界に対する前記抵抗値の変化を表す磁気抵抗変化率が非磁性層の厚みに応じて変化して極大値及び極小値を持つ場合に、前記第1の非磁性層の厚みは、前記磁気抵抗変化率が前記極大値になるときの厚みに設定され、前記第2の非磁性層の厚みは、前記磁気抵抗変化率が略前記極小値になるときの厚みに設定されることを特徴とする請求項1または請求項2記載の磁気センサ。

【請求項4】 前記信号磁界に対する前記抵抗値の変化を表す磁気抵抗変化率が非磁性層の厚みに応じて変化して複数の極大値及び複数の極小値を持つ場合に、前記第1の非磁性層の厚みは、前記磁気抵抗変化率が前記複数の極大値のいずれか1つの極大値になるときの厚みに設定され、前記第2の非磁性層の厚みは、前記磁気抵抗変化率が前記複数の極小値の最小値になるときの厚みに設定されることを特徴とする請求項1または請求項2記載の磁気センサ。

【請求項5】 前記第1の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が第2ピーク値となる厚みに設定され、前記第2の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が第1ピーク値と前記第2ピーク値の間となる厚みに設定されることを特徴とする請求項3または請求項4記載の磁気センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗素子の磁気抵抗効果を利用して、被検出対象の回転等を検出する高感度で簡単な構成の磁気センサに関し、特に多層膜からなる巨大磁気抵抗素子GMR (giant magnetoresistance) を用いた磁気センサに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気抵抗素子は、磁界の変化に応じて抵抗値が変化するため、ギアの回転等を検出する磁気センサに用いられている。この磁気センサは、バイアス磁石の磁界がギアの回転等により変化し、この磁界の変化を直列に接続された2つの磁気抵抗素子の接続中点から抵抗値の変化(電圧出力)として取り出す。

【0003】そして、磁気抵抗素子の電圧出力を信号処理回路に供給すると、信号処理回路がギアの回転数に応じたパルスを出力する。このため、このパルス数をカウントすることでギアの回転数を検出できる。

【0004】前述した従来の磁気抵抗素子は、一般的にNi-FeやNi-Co等からなる強磁性体磁気抵抗素子であり、磁気異方性を有している。このため、図8に示すように、電極107a及び電極107b間に設けられた第1の磁気抵抗素子103aと、電極107b及び電極107c間に設けられた第2の磁気抵抗素子103bからなる強磁性体磁気抵抗素子103が用いられる。第1の磁気抵抗素子103aと第2の磁気抵抗素子103bとは電極パターンが互いに直交して配置され、信号磁界109が印加される。

【0005】この場合、図9に示すように、第1の磁気抵抗素子103aの抵抗値のみが信号磁界109の変動に応じて変化する。このため、第1の磁気抵抗素子103aの抵抗値と第2の磁気抵抗素子103bの抵抗値との抵抗値差に基づき、中点電極である電極107bから差動出力を得ることができる。

【0006】しかし、従来の強磁性体磁気抵抗素子103では、信号磁界に対する抵抗値の変化を表す磁気抵抗変化率が数%と小さいため、差動出力がかなり低下してしまう。このため、強磁性体磁気抵抗素子103を用いて差動出力を上げるためには、周辺回路を設けなければならない、この周辺回路により磁気センサが複雑な回路になっていた。

【0007】一方、多層膜からなる巨大磁気抵抗素子について、例えば、特開平8-32141号公報に記載されている。この公報に記載された巨大磁気抵抗素子は、第1の磁性層と第2の磁性層との間に形成された中間非磁性層とを含む積層構造からなり、磁気抵抗変化率が数十%と大きくなる。このため、従来の強磁性磁気抵抗素子と比較して磁気センサ内の周辺回路を簡素化することができる。

【0008】ところが、巨大磁気抵抗素子は、強磁性磁気抵抗素子とは異なり、信号磁界に対して等方性を有す

る。このため、この巨大磁気抵抗素子で、図8に示すような電極パターンを形成しても、第1の巨大磁気抵抗素子113a及び第2の巨大磁気抵抗素子113bのそれぞれの抵抗値は、図10に示すように、信号磁界に対してほぼ同一値で変化する。このため、抵抗値差を生ずる差動出力を取り出すことができない。

【0009】すなわち、巨大磁気抵抗素子113は、大きな磁気抵抗変化率を有するが、等方性であるため、差動出力が取り出せないという課題を有していた。この課題を解決した一例として、例えば、特開平8-201492号公報に記載された磁気センサが知られている。

【0010】特開平8-201492号公報に記載された磁気センサは、図11に示すように、強磁性層と非強磁性層とを交互に積層した人工格子膜を用いた抵抗体パターン（巨大磁気抵抗素子）113a、113bを同一基板上に同方向平行して直列に接続し、抵抗体パターン113a、113bに逆方向バイアス121、122を印加し、さらに信号磁界119を印加する。

【0011】この磁気センサによれば、抵抗体パターン103a、103bのそれぞれは、図12(a)の波形126、図12(b)の波形127に示すような磁気抵抗変化の特性となる。そして、基板に1周期λの信号磁界119を印加すると、図12(a)の波形130（抵抗体パターン113a）、図12(b)の波形131（抵抗体パターン113b）のような抵抗値変化が発生する。その差動出力が図13の波形132に示す出力として得られる。すなわち、等方性の巨大磁気抵抗素子であっても、信号磁界による抵抗値差を発生させ、差動出力を得ることができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平8-201492号公報に記載された磁気センサにあっては、等方性を有する巨大磁気抵抗素子を用いた磁気センサを実現するものであるものの、微小区域におけるバイアス磁界制御が困難であった。また、バイアス磁石等を用いてバイアス磁界を印加するため、磁気センサの構造が複雑化していた。

【0013】本発明は、バイアス磁界を印加することなく、信号磁界に対して抵抗値差を生じさせることができ、しかも簡単な構成で差動出力を取り出すことができる磁気センサを提供することを課題とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記課題を解決するために以下の構成とした。請求項1の磁気センサは、基板と、この基板に形成され、前記基板の表面に略平行に印加される信号磁界に対して抵抗値が変化する磁気抵抗手段とを備え、前記磁気抵抗手段は、磁性層と第1の非磁性層とが交互に積層された第1の人工格子膜を有し、第1の人工格子膜に印加される前記信号磁界の変化に対して抵抗値が変化する第1の磁気抵抗素子と、こ

の第1の磁気抵抗素子に直列接続され、前記磁性層と前記第1の非磁性層の厚みに対して異なる厚みの第2の非磁性層とが交互に積層された第2の人工格子膜を有し、第2の人工格子膜に印加される前記信号磁界の変化に対して抵抗値が変化しない第2の磁気抵抗素子とを備えることを特徴とする。

【0015】請求項1の発明によれば、第1の磁気抵抗素子は、磁性層と第1の非磁性層とが交互に積層された第1の人工格子膜を有し、第1の人工格子膜に印加される信号磁界の変化に対して抵抗値が変化する。一方、第1の磁気抵抗素子に直列接続された第2の磁気抵抗素子は、磁性層と第1の非磁性層の厚みに対して異なる厚みの第2の非磁性層とが交互に積層された第2の人工格子膜を有し、第2の人工格子膜に印加される信号磁界の変化に対して抵抗値が変化しない。

【0016】このため、第1の磁気抵抗素子は可変抵抗とし、第2の磁気抵抗素子は固定抵抗として作用し、第1及び第2の磁気抵抗素子の中点から中点電圧が取り出されるため、バイアス磁界を印加することなく、信号磁界に対して抵抗値差を生じさせることができ、しかも簡単な構成で差動出力を取り出すことができる。

【0017】請求項2の発明のように、前記磁気抵抗手段は、前記第2の人工格子膜を有し、第2の人工格子膜に印加される前記信号磁界の変化に対して抵抗値が変化しない第3の磁気抵抗素子と、この第3の磁気抵抗素子に直列接続され、前記第1の人工格子膜を有し、第1の人工格子膜に印加される前記信号磁界の変化に対して抵抗値が変化する第4の磁気抵抗素子とを備え、前記第1の磁気抵抗素子の一端と前記第3の磁気抵抗素子の一端とを接続し、前記第2の磁気抵抗素子の一端と前記第4の磁気抵抗素子の一端とを接続してフルブリッジ構成としたことを特徴とする。

【0018】請求項2の発明によれば、第1の磁気抵抗素子乃至第4の磁気抵抗素子によりフルブリッジ構成としたことで、ハーフブリッジ構成によりもさらに大きい差動出力を得ることができる。

【0019】請求項3の発明は、前記信号磁界に対する前記抵抗値の変化を表す磁気抵抗変化率が非磁性層の厚みに応じて変化して極大値及び極小値を持つ場合に、前記第1の非磁性層の厚みは、前記磁気抵抗変化率が前記極大値になるときの厚みに設定され、前記第2の非磁性層の厚みは、前記磁気抵抗変化率が略前記極小値になるときの厚みに設定されることを特徴とする。

【0020】請求項3の発明によれば、第1の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が極大値になるときの厚みに設定され、第2の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が略極小値になるときの厚みに設定されているため、信号磁性に対して、第1の磁気抵抗素子と第2の磁気抵抗素子との抵抗値差を生ずることができ、差動出力を取り出すことができる。

【0021】請求項4の発明は、前記信号磁界に対する前記抵抗値の変化を表す磁気抵抗変化率が非磁性層の厚みに応じて変化して複数の極大値及び複数の極小値を持つ場合に、前記第1の非磁性層の厚みは、前記磁気抵抗変化率が前記複数の極大値のいずれか1つの極大値になるときの厚みに設定され、前記第2の非磁性層の厚みは、前記磁気抵抗変化率が前記複数の極小値の最小値になるときの厚みに設定されることを特徴とする。

【0022】請求項4の発明によれば、第1の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が複数の極大値のいずれか1つの極大値になるときの厚みに設定され、第2の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が複数の極小値の最小値になるときの厚みに設定されているため、信号磁性に対して、第1の磁気抵抗素子と第2の磁気抵抗素子との抵抗値差を生ずることができ、差動出力を取り出すことができる。

【0023】請求項5の発明のように、前記第1の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が第2ピーク値となる厚みに設定され、前記第2の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が第1ピーク値と第2ピーク値の間となる厚みに設定されることを特徴とする。

【0024】請求項5の発明によれば、第1の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が第2ピーク値となる厚みに設定され、前記第2の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が第1ピーク値と第2ピーク値の間となる厚みに設定されることで、効率良く差動出力を取り出すことができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の磁気センサの実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。図1(a)は実施の形態の磁気センサの構成図である。

【0026】図1(a)に示す磁気センサは、基板1と、この基板1に形成された巨大磁気抵抗素子3とを有する。この巨大磁気抵抗素子3は、実施の形態では、例えば、 $[\text{NiFeCo}/\text{Cu}]$ や $[\text{CoFe}/\text{Cu}]$ 多層膜のような交換結合型人工格子膜から作製された巨大磁気抵抗素子を用いた磁気センサを対象とする。

【0027】巨大磁気抵抗素子3は、櫛状の電極パターン5aを有する第1の巨大磁気抵抗素子3aと、この第1の巨大磁気抵抗素子3aに直列に接続された櫛状の電極パターン5bを有する第2の巨大磁気抵抗素子3bとからなるハーフブリッジ構成を採用する。このハーフブリッジ構成は、温度補償のために採用される。巨大磁気抵抗素子3には基板1の表面と略平行に信号磁界9が印加されるようになっていて、磁気抵抗素子3は、信号磁界9の変化により抵抗変化を生ずるようになっている。

【0028】電極パターン5aの一端には電極7aが接続され、電極パターン5bの一端には電極7cが接続され、電極パターン5aと電極パターン5bとの中点には電極7bが接続されている。

【0029】巨大磁気抵抗素子3は、交換結合型人工格子膜から得られる。図1(b)は第1の巨大磁気抵抗素子における交換結合型人工格子膜の構造図である。図1(c)は第2の巨大磁気抵抗素子における交換結合型人工格子膜の構造図である。

【0030】図1(b)に示す第1の巨大磁気抵抗素子3aにおける交換結合型人工格子膜は、基板1と、この基板1上に積層されたバッファ層13と、このバッファ層13上に積層された磁性層15と、この磁性層15上に積層された非磁性層17(第1の非磁性層)とを有するとともに、磁性層15と非磁性層17とが交互に積層されて構成される。

【0031】図1(c)に示す第2の巨大磁気抵抗素子3bにおける交換結合型人工格子膜は、基板1と、この基板1上に積層されたバッファ層13と、このバッファ層13上に積層された磁性層15と、この磁性層15上に積層された第1の非磁性層の厚みに対して異なる厚みの非磁性層17a(第2の非磁性層)とを有するとともに、磁性層15と非磁性層17aとが交互に積層されて構成される。なお、バッファ層13は、設けても良いし、あるいは、設けなくても良い。

【0032】基板1は、絶縁膜を付加したシリコン基板である。バッファ層13の厚みは、約50~150Åである。磁性層15は、 NiFeCo 、 CoFe 等であり、磁性層15の厚みは、約10~20Åである。非磁性層17は、 Cu 等である。磁性層15と非磁性層17、及び磁性層15と非磁性層17aとの積層数は、[磁性層/非磁性層]を1周期とした場合、10~60周期程度である。

【0033】図3に一般的な交換結合型人工格子膜の磁気抵抗変化率と非磁性層厚との関係を示す。図3からもわかるように、交換結合型人工格子膜の磁気抵抗変化率は、非磁性層の厚さに依存し、非磁性層厚が約9Å付近で第1ピーク値となり、約21Å付近で第2ピーク値となる。また、非磁性層厚が第1ピーク値と第2ピーク値との間の約11Å~19Å付近では、磁気抵抗変化率は、数%以下である。

【0034】図2はハーフブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子の回路図である。電極7aには電源電圧 V_{DD} が供給され、電極7cは、接地されている。第1の巨大磁気抵抗素子3aは、磁気抵抗変化率が図3に示すピーク値(第1ピーク値または第2ピーク値)をとるように非磁性層17の厚みを設定した人工格子膜が用いられ、信号磁界9に対して磁気抵抗変化を生じるようになっている。

【0035】第2の巨大磁気抵抗素子3bは、磁気抵抗変化率がピーク値でなく図3に示す略極小値をとるように非磁性層17aの厚みを設定した人工格子膜が用いられ、信号磁界9に対して磁気抵抗変化を生じないようにしている。第1の巨大磁気抵抗素子3aと第2の巨大

磁気抵抗素子3bとの中点端子である電極7bから差動出力が取り出されるようになっている。

【0036】すなわち、実施の形態では、信号磁界9の変化に対して磁気抵抗変化が生じない素子を、巨大磁気抵抗素子3の非磁性層依存性を活かした簡単な素子によって実現したことを特徴とする。

【0037】次に、このように構成された実施の形態の磁気センサの動作を図面を参照しながら説明する。信号磁界9が、第1の巨大磁気抵抗素子3a及び第2の巨大磁気抵抗素子3bのそれぞれの交換結合型人工格子膜に印加される。

【0038】このとき、第1の巨大磁気抵抗素子3aは、磁気抵抗変化率がピーク値をとるように非磁性層17の厚みを設定した人工格子膜が用いられているため、信号磁界9に対して磁気抵抗変化を生じる。

【0039】一方、第2の巨大磁気抵抗素子3bは、磁気抵抗変化率が略極小値をとるように非磁性層17aの厚みを設定した人工格子膜が用いられているため、信号磁界9に対して磁気抵抗変化がほとんど生じない。

【0040】すなわち、信号磁界9に対して磁気抵抗変化が生ずる第1の巨大磁気抵抗素子3aと、磁気抵抗変化がほとんど生じない第2の巨大磁気抵抗素子3bとを用いているため、回路を構成する巨大磁気抵抗素子3に抵抗値差が生じて、第1の巨大磁気抵抗素子3aと第2の巨大磁気抵抗素子3bとの中点端子である電極7bから差動出力が取り出される。

【0041】このように、実施の形態の磁気センサによれば、磁気センサのセンシング部に多層膜からなる巨大磁気抵抗素子3を用いることで、従来の強磁性体磁気抵抗素子に比較して大きな出力を得ることができる。

【0042】また、磁気抵抗変化率の非磁性層厚依存性を利用することにより、磁気抵抗素子特性が等方性を有する巨大磁気抵抗素子3から差動出力を得ることができる。すなわち、回路を構成する巨大磁気抵抗素子3に非磁性層厚が数Å異なるだけの交換結合型人工格子膜を用いる。

【0043】この交換結合型人工格子膜においては、数Åの非磁性層厚差が磁気抵抗変化率に極めて顕著に影響する特徴を持つ。この特徴を利用することにより、等方性を有する巨大磁気抵抗素子3は、バイアス磁界の印加や磁気シールド無しで、信号磁界に対して抵抗値差を生ずることができ、簡単な構成で差動出力を取り出すことができる。

【0044】なお、本出願人は、実施の形態の巨大磁気抵抗素子3を試作した。この巨大磁気抵抗素子3は、バッファ層13と磁性層15とにNiFeCoを用い、非磁性層17、17aにCuを用いた交換結合型人工格子膜である。基板1は、Si/SiO₂からなる。バッファ層厚を50Åとし、磁性層厚を15Åとし、非磁性層厚をt_{cu}とした。積層周期数nは、20とした。

【0045】第1の巨大磁気抵抗素子3aは、非磁性層厚t_{cu}が21Å（第2ピーク）の人工格子膜から作製した。第2の巨大磁気抵抗素子3bは、非磁性層厚t_{cu}が19Åの人工格子膜から作製した。

【0046】図4は、第1の巨大磁気抵抗素子3a及び第2の巨大磁気抵抗素子3bの磁気抵抗変化率と信号磁界との関係を示している。第1の巨大磁気抵抗素子3aの磁気抵抗変化率が約9%であるのに対して、第2の巨大磁気抵抗素子3bの磁気抵抗変化率は、1%以下である。

【0047】なお、第1の巨大磁気抵抗素子3a及び第2の巨大磁気抵抗素子3bの磁気抵抗変化率特性以外の特性は、同等である。例えば、第1の巨大磁気抵抗素子3a及び第2の巨大磁気抵抗素子3bの抵抗率は、約 $2.17 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ 程度であり、また、材料組成や製造履歴等に関しても同様である。このため、巨大磁気抵抗素子3の温度特性等基本的な特性は、差異がない。すなわち、実施の形態では、非磁性層厚が単に数Å異なるだけで、磁気抵抗変化の有無が生ずるという交換結合型人工格子膜の特性を利用したものである。

【0048】また、前述した実施の形態では、第1の巨大磁気抵抗素子3aと第2の巨大磁気抵抗素子3bとからなるハーフブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子3について説明した。

【0049】本発明は、前述した巨大磁気抵抗素子3に限定されることなく、例えば、フルブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子についても適用することができる。図5はフルブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子の構成図である。図6はフルブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子の回路図である。

【0050】図5に示すフルブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子は、一端が電極7aに接続され他端が電極7bに接続され、信号磁界9の変化に対して抵抗値が変化する第1の巨大磁気抵抗素子3a1と、一端が電極7bに接続され他端が電極7cに接続され、信号磁界9の変化に対して抵抗値が変化しない第2の巨大磁気抵抗素子3b1と、一端が電極7aに接続され他端が電極7dに接続され、信号磁界9の変化に対して抵抗値が変化しない第3の巨大磁気抵抗素子3b2と、一端が電極7dに接続され他端が電極7cに接続され、信号磁界9の変化に対して抵抗値が変化する第4の巨大磁気抵抗素子3a2とを備える。

【0051】また、電極7aには電源端子が接続され、電極7cが接地されていて、電極7bと電極7dとから差動出力（OUT1、OUT2）を取り出すようになっている。

【0052】このように、第1の巨大磁気抵抗素子3a1乃至第4の巨大磁気抵抗素子3b2からなるフルブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子を用いることにより、ハーフブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子の差動出力よりもさ

らに大きな差動出力を得ることができる。

【0053】なお、本発明は上述の実施の形態の磁気センサに限定されるものではない。実施の形態では、各巨大磁気抵抗素子の電極パターンの長手方向の全てが信号磁界 9 に対して略直交するように配置されていたが、例えば、図 7 (a) に示すように、第 1 の巨大磁気抵抗素子 3 a の電極パターン 5 a と第 2 の巨大磁気抵抗素子 3 b の電極パターン 5 c とが略直交するように配置しても良い。

【0054】また、例えば、図 7 (b) に示すように、第 1 の巨大磁気抵抗素子 3 d の電極パターン 5 d と第 2 の巨大磁気抵抗素子 3 c の電極パターン 5 c とを略平行に配置し、且つ電極パターンの長手方向に略平行に信号磁界 9 を印加しても良い。

【0055】さらに、各電極パターンが信号磁界に対して所定角度（例えば、 45° ）となるように配置しても良い。これは実施の形態の巨大磁気抵抗素子が等方性を有するからである。このほか、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲内で、種々変形して実施可能であるのは勿論である。

【0056】

【発明の効果】請求項 1 の発明によれば、第 1 の磁気抵抗素子は、磁性層と第 1 の非磁性層とが交互に積層された第 1 の人工格子膜を有し、第 1 の人工格子膜に印加される信号磁界の変化に対して抵抗値が変化する。第 2 の磁気抵抗素子は、磁性層と第 1 の非磁性層の厚みに対して異なる厚みの第 2 の非磁性層とが交互に積層された第 2 の人工格子膜を有し、第 2 の人工格子膜に印加される信号磁界の変化に対して抵抗値が変化する。

【0057】このため、第 1 及び第 2 の磁気抵抗素子の中点から中点電圧が取り出されるため、バイアス磁界を印加することなく、信号磁界に対して抵抗値差を生じさせることができ、しかも簡単な構成で差動出力を取り出すことができる。

【0058】請求項 2 の発明によれば、第 1 の磁気抵抗素子乃至第 4 の磁気抵抗素子によりフルブリッジ構成としたことで、ハーフブリッジ構成によりもさらに大きな差動出力を得ることができる。

【0059】請求項 3 の発明によれば、第 1 の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が極大値になるときの厚みに設定され、第 2 の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が略極小値になるときの厚みに設定されているため、信号磁性に対して、第 1 の磁気抵抗素子と第 2 の磁気抵抗素子との抵抗値差を生ずることができ、差動出力を取り出すことができる。

【0060】請求項 4 の発明によれば、第 1 の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が複数の極大値のいずれか 1 つの極大値になるときの厚みに設定され、第 2 の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が複数の極小値の極小値になるときの厚みに設定されているため、信号磁性に対し

て、第 1 の磁気抵抗素子と第 2 の磁気抵抗素子との抵抗値差を生ずることができ、差動出力を取り出すことができる。

【0061】請求項 5 の発明によれば、第 1 の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が第 2 ピーク値となる厚みに設定され、第 2 の非磁性層の厚みは、磁気抵抗変化率が第 1 ピークと第 2 ピーク値の間となる厚みに設定されることで、効率良く差動出力を取り出すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 (a) は実施の形態の磁気センサの構成図、(b) は第 1 の巨大磁気抵抗素子における交換結合型人工格子膜の構造図、(c) は第 2 の巨大磁気抵抗素子における交換結合型人工格子膜の構造図である。

【図 2】 ハーフブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子の回路図である。

【図 3】 一般的な交換結合型人工格子膜の磁気抵抗変化率と非磁性層厚との関係を示す図である。

【図 4】 第 1 の巨大磁気抵抗素子及び第 2 の巨大磁気抵抗素子の磁気抵抗変化率と信号磁界との関係を示す図である。

【図 5】 フルブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子の構成図である。

【図 6】 フルブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子の回路図である。

【図 7】 実施の形態のハーフブリッジ構成の巨大磁気抵抗素子の他の構成例を示す図である。

【図 8】 従来の異方性を有する磁気抵抗素子を用いた磁気センサの構成図である。

【図 9】 従来の異方性を有する磁気抵抗素子の信号磁界に対する抵抗値の変化を示す図である。

【図 10】 従来の等方性を有する磁気抵抗素子の信号磁界に対する抵抗値の変化を示す図である。

【図 11】 従来の等方性を有する磁気抵抗素子を用いた磁気センサの一例を示す図である。

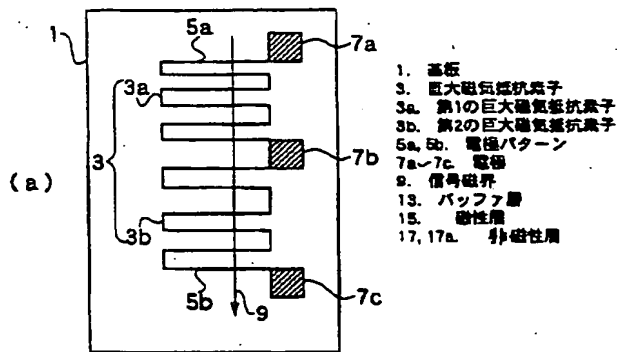
【図 12】 図 11 に示す磁気センサの磁界に対する磁気抵抗変化を示す図である。

【図 13】 図 11 に示す磁気センサの信号磁界に対する出力を示す図である。

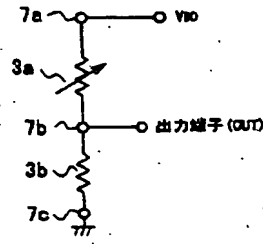
【符号の説明】

- 1 基板
- 3 巨大磁気抵抗素子
- 3 a 第 1 の巨大磁気抵抗素子
- 3 b 第 2 の巨大磁気抵抗素子
- 5 a ~ 5 b 電極パターン
- 7 a ~ 7 c 電極
- 9 信号磁界
- 13 バッファ層
- 15 磁性層
- 17, 17 a 非磁性層

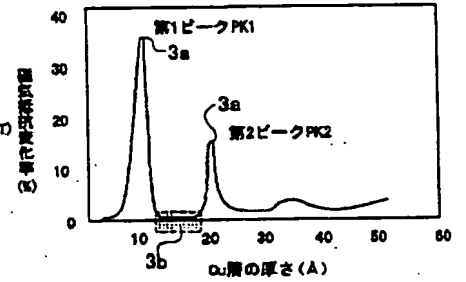
【図1】



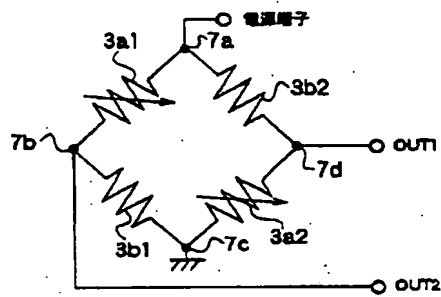
【図2】



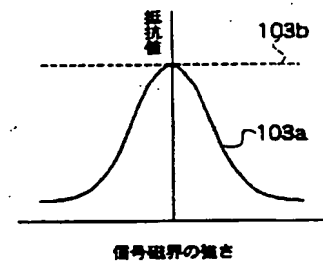
【図3】



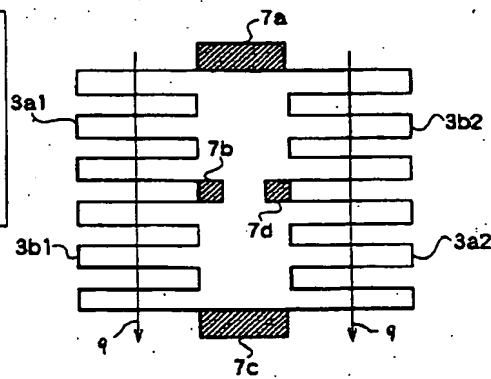
【図6】



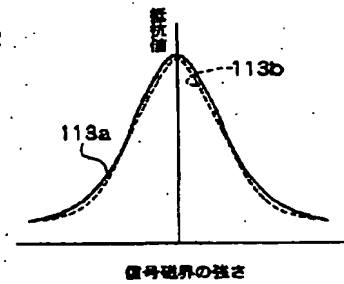
【図9】



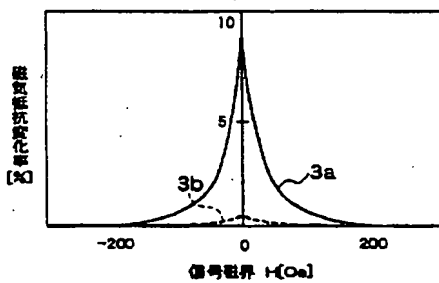
【図5】



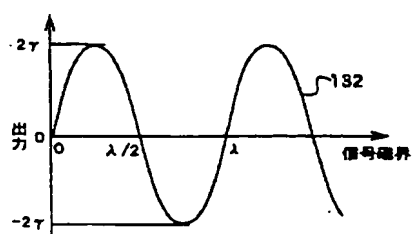
【図10】



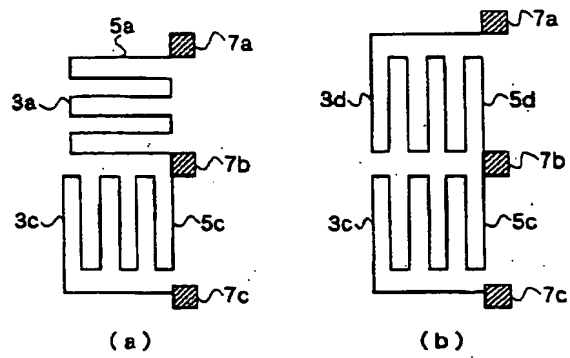
【図4】



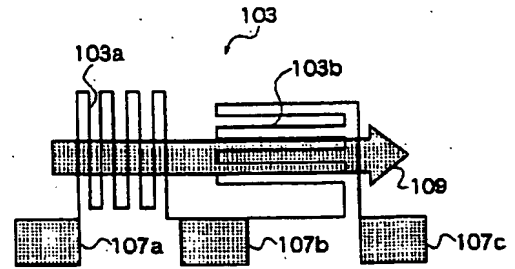
【図13】



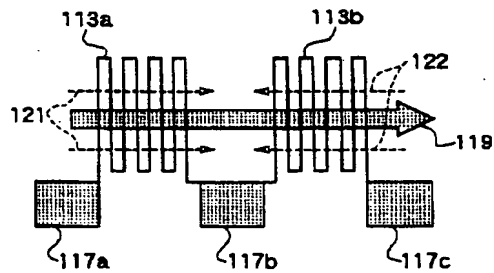
【図7】



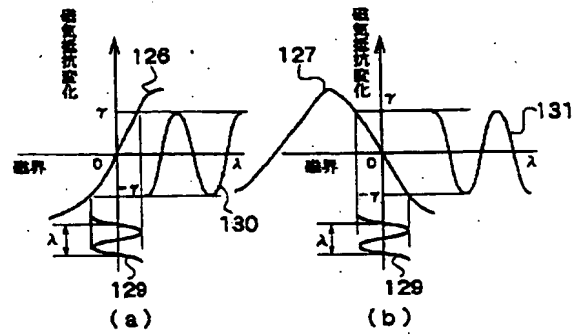
【図8】



【図11】



【図12】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.